

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

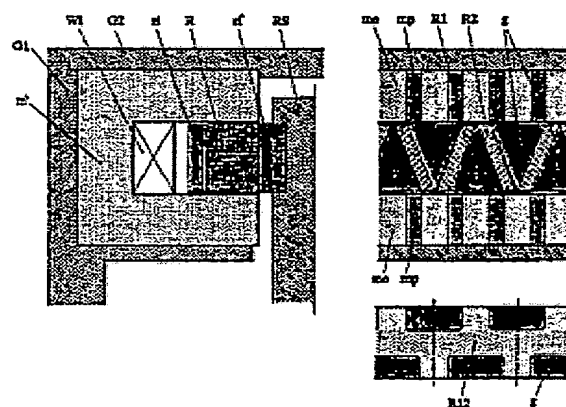
**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Permanent magnet transversal flux machine

Veröffentlichungsnummer DE4443999
Veröffentlichungsdatum: 1996-04-25
Erfinder WEH HERBERT PROF DR ING DR (DE)
Anmelder: WEH HERBERT PROF DR ING DR H C (DE)
Klassifikation:
 - Internationale: H02K21/00; H02K41/02
 - Europäische: H02K41/02; H02K21/12C
Aktenzeichen: DE19944443999 19941210
Prioritätsaktenzeichen: DE19944443999 19941210

Zusammenfassung von DE4443999

The transversal flux machine has a stator with a winding (W1) and stator elements (m') having soft iron elements (me) and permanent magnet elements (mp) in alternation transverse to the movement direction of the cooperating rotor. The latter has magnetically-conductive soft iron elements (R, R1, R2), spaced apart by 2 pole divisions relative to the rotor body (RS). The soft iron elements of the rotor have a prismatic shape with a radial height corresponding to at least 1.5 times the pole division and are coupled to the rotor body via non-magnetic, non-conducting machine elements.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

P 609 641 / DE 11



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 44 43 999 C 1

⑤1 Int. Cl. 8:
H 02 K 21/00
H 02 K 41/02

②1 Aktenzeichen: P 44 43 999.7-32
②2 Anmeldetag: 10. 12. 94
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 25. 4. 96

DE 44 43 999 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Weh, Herbert, Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c., 38116
Braunschweig, DE

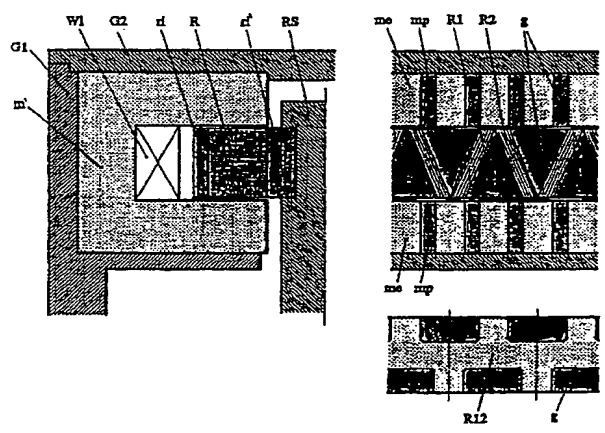
⑦2 Erfinder:
gleich Patentinhaber

⑥6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 00 440 G2
DE 39 15 623 C1
EP 05 53 582 A2

⑤4 Permanenterregte Transversalfußmaschine mit einfachem Rotor

⑤7 Transversalfußmaschinen mit Permanentmagneten im feststehenden Teil weisen Vorteile gegenüber den mit Magneten im Läufer ausgeführten Maschinen auf. Mit ebenen Magnet- und Weicheisenelementen im Stator und ebenen Weicheisenelementen im Läufer sind diese Maschinen so baubar, daß an allen vorhandenen Spalten Vortriebskräfte entwickelt werden. Magnetkreiskonfigurationen nach der C- (Fig. 2), der E- und der Kreuzform sind mit einfach herstellbarem passiven Rotor in materialsparender Form ausführbar.



DE 44 43 999 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Transversalflußmaschinen mit einfachem, magnetisch passivem Läufer, wobei der Stator eine Wicklung und Statorelemente aufweist, die im Abstand einer Polteilung wechselweise aus den zur Bewegungsrichtung des Läufers angeordneten Weicheisenelementen und Permanentmagneten, die in Bewegungsrichtung gleiche Form wie die Weicheisenelemente aufweisen, bestehen und mit einem nicht magnetischen Gehäuse verbunden sind, und wobei der Läufer als magnetisch leitfähige Teile Weicheisenelemente aufweist, die im Abstand von jeweils zwei Polteilungen auf einem Läuferkörper angeordnet sind.

Eine solche Transversalflußmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 ist durch die DE 39 15 623 C1 zwar grundsätzlich bekannt, entspricht jedoch nicht im ausreichenden Umfang dem Gesichtspunkt der einfachen Ausführbarkeit von Stator- und Rotorkörper und ist deshalb in ihrer Anwendbarkeit für rotierende und lineare Maschinen stark eingeschränkt.

Bei elektrisch und magnetisch erregten Reluktanzmaschinen tritt, wie in der EP 05 53 532 A2 beschrieben, auch die Frage der zweckmäßigen Herstellbarkeit und der elektromagnetisch günstigen Formgebung für Stator- und Rotorbauteile auf. Im Unterschied zu der in der vorliegenden Patentanmeldung dargestellten Maschine tritt beim Reluktanzkonzept durch den Ausfall einer kraftbildenden Halbperiode eine insgesamt geringere Kraftdichte auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Transversalflußmaschine mit einfach herstellbarem Läufer ohne Permanentmagnete eine sowohl günstig baubare Form und eine gleichzeitig bezüglich der Kraftbildung hohe Zweckmäßigkeit zu erreichen. Zur Beschränkung der auftretenden Fliehkräfte trägt dabei die Begrenzung der magnetisch wirksamen Läufermasse bei, die ohne den Anteil der Permanentmagnete auskommt. Die Weicheisenelemente des Rotors sollen möglichst einfache, prismatische Formen aufweisen und aus weitgehend ebenen Blechpaketen herstellbar sein. Neben den Herstellungsvereinfachungen wird damit der Anwendungsbereich der Transversalflußmaschinen ausgedehnt. Es lassen sich erhöhte Umfangsgeschwindigkeiten erreichen, ohne daß die zulässigen mechanischen Beanspruchungen steigen und hochwertigeres Material eingesetzt werden muß. Aufgrund der verringerten Zahl der Läuferbauteile und dem kleinen Masseanteil der magnetisch leitfähigen Elemente läßt sich eine Begrenzung des Läuferschwingmoments erzielen. Für die Anwendung als Linearmotor ergeben sich ebenfalls günstige Voraussetzungen bezüglich der Baubarkeit von Reaktionsschiene (entsprechend dem Läufer bei rotierenden Maschinen) und Stator.

In der nachfolgenden Beschreibung wird die Erfindung anhand der Fig. 1 bis 4 erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1a Querschnitt einer Maschineneinheit (einsträngig) mit 2 symmetrischen Statorhälften

Fig. 1a' Seitenansicht zu 1a, Läuferelement um eine Teilung versetzt

Fig. 1b Querschnitt einer Maschineneinheit (einsträngig) mit innen angeordneter Wicklung, Läufer unsymmetrisch nach innen erweitert

Fig. 1c Querschnitt einer Maschineneinheit (einsträngig) mit innen angeordneter Wicklung, Läufer nach innen und außen erweitert

Fig. 2 Querschnitt einer Maschineneinheit (einsträngig), Magnetkreis in C-Form

Fig. 2' Seitenansicht zu Fig. 2, Läuferelemente V-förmig

Fig. 2'' Seitenansicht zu Fig. 2, Läuferelemente mit versetzten Polansätzen

Fig. 3 Querschnitt einer Maschineneinheit (einsträngig), Magnetkreis E-förmig

Fig. 3' Seitenansicht zu Fig. 3, Läuferelemente um eine Teilung versetzt

Fig. 4 Querschnitt einer Maschineneinheit (einsträngig) mit 8 aktiven Spalten symmetrisch zur Mittellinie und 2 Läufer teilen.

Die im Zusammenhang mit dem passiven Rotor verfolgten Ziele nach größerer Unabhängigkeit der Rotorkonstruktion von der Umfangsgeschwindigkeit und einem einfachen, herstellungsgerechten Aufbau von Rotor- und Statormaschinenteilen sind mit der Frage nach insgesamt hoher Kraftdichte verbunden. Hierzu sind die zwischen dem durch Permanentmagnete bestückten Magnetisierungseinheiten in Sammleranordnung und den passiven, durch Weicheisen gebildeten Elementen auftretenden Wechselwirkungen zu optimieren. Allen interessierenden Anordnungen ist gemeinsam, daß der magnetische Kreis eine normalerweise als Ringwicklung (ohne Rückleiter) ausgeführte Leiteranordnung umschließt. Sie führt im Takt der Rotorbewegung Wechselströme, deren Frequenz sich aus Rotorgeschwindigkeit und der Teilung der Magnetkreiselemente ergibt. Die Wicklung kann auf mehrere Teilquerschnitte diesseits und jenseits der Spalte aufgeteilt sein. Zur Erzielung einer bestimmten Kraftdichte je Spalt ist vom Strom eine bestimmte magnetische Felddichte im Spalt notwendig. Zunehmende Spaltlänge und zunehmende Zahl der Spalte bedingen eine Erhöhung des notwendigen Stromes (höhere Durchflutung). Es erscheint hiernach notwendig und zweckmäßig, sowohl hohe Felddichten als auch eine möglichst geringe Zahl nicht aktiver Spalte zu verwirklichen. Die Unterbringung der Permanentmagnete im feststehenden Teil und deren beidseitiger Einschluß zwischen Weicheisenteilen läßt die Ausführung erhöhter Flußkonzentration zu, so daß im Vergleich zu Maschinen mit P-Magneten im Läufer eine höhere Erregerkomponente die Kraftbildung begünstigt. Die erfindungsgemäß gewählte Rotor-/Statorgeometrie verbindet einfache Formgebung der Stator- und Rotorelemente mit der Maßgabe, ausschließlich der Kraftbildung dienende Spaltgeometrien einzusetzen. Es wird also erreicht, daß die erforderliche Stromsumme und mit ihr die Verluste sowie der Wicklungsquerschnitt ein Minimum erreicht. Mit der Begrenzung des Wicklungsquerschnitts läßt sich auch der Umfang des magnetischen Kreises und damit auch die Gesamtmasse der aktiven Teile ebenso wie die Gehäusemasse beschränken.

Die Anordnung der Spalte wird so bestimmt, daß sich aus mechanischer Sicht eine zweckmäßige Rotorkonstruktion ableiten läßt. Die aus dünnen Blechen oder aus Pulver-Preßteilen herstellbaren Magnetkreiselemente erlauben die Führung des magnetischen Flusses in mindestens zwei Richtungen und lassen auch Läuferformen zu, die sowohl einen radial wie einen axial angeordneten Spalt besitzen. Für die Weicheisenelemente des Rotors gilt aus Gründen einer einfachen Herstellung das Ziel, daß nur ebene Weicheisenelemente, die im Abstand der doppelten Polteilung angeordnet sind, eingesetzt werden.

Die im Abstand der (einfachen) Polteilung angeord-

neten Stator-Weicheisenelemente sind bevorzugt entweder C- oder E-förmig ausgeführt. Sowohl in der Vorzugsrichtung der Feldlinien transversal (um den Leiter) sowie auch in der Richtung des stromführenden Leiters ist eine ausreichend hohe magnetische Leitfähigkeit sichergestellt.

Anhand von Ausführungsbeispielen erfolgt nun eine Darlegung des Erfindungsgedankens.

In den Fig. 1a bis 1c werden mögliche Ausführungsformen für die Doppel-C-Anordnung beschrieben, bei der m' und m'' die stationären aktiven Magnetkreiselemente und W_i den Querschnitt der Ringwicklung darstellt. Die Elemente sind mit dem magnetisch nicht leitfähigen Gehäuseteil G verbunden. Das bewegliche Teil, der Rotor, besteht nach Fig. 1a aus zwei gleichartig ausgeführten Hälften. Es handelt sich insgesamt um einen magnetischen Kreis mit vier Spalten. Die vom Stator auf den Rotor übertragenen Kräfte werden der Rotorscheibe RS zu- und von dieser auf die Welle weitergeleitet. Die beiden Fig. 1b und 1c zeigen Modifikationen der unter 1a gezeigten Anordnung. Die Fig. 1a' stellt eine linearisierte, um 90° gedrehte Ansicht der von Fig. 1a gezeigten Magnetkreisanordnung dar. In dieser Ansicht ist erkennbar, daß die beiden Statorteile aus Weicheisenelementen me' und me'' mit dem zwischenraumfüllenden magnetischen Werkstoff (den Permanentmagneten) mp' und mp'' , jeweils gleicher Form, bestehen. Das Polaritätsmuster ist in Fig. 1a' durch Pfeilangabe ersichtlich. Die Elemententeilung von me und mp bestimmt die Länge einer Polteilung. Im Abstand einer doppelten Teilung sind die Rotor-Weicheisenelemente angeordnet. Ihre Längsausdehnung (in Umfangsrichtung) entspricht etwa der Dicke der Weicheisen-Statorelemente. Linke und rechte Reihe der Läuferelemente, also R1 und R2 sind um die Länge einer Polteilung versetzt. Die Ringbereiche ri und ri' sowie der Anschluß zur Rotorscheibe RS sind als nichtmagnetische und elektrisch nicht leitende Strukturen ausgeführt. Während die Anordnung nach Fig. 1a zur Mittellinie des Rotorzylinders symmetrisch ist und zwei Teilwicklungen Wi' und Wi'' je Strang aufweist, sind die Maschinenquerschnitte nach Fig. 1b und 1c unsymmetrisch und weisen nur je eine Teilwicklung auf. Diese ist allerdings mit größerem Querschnitt ausgeführt. Die zwischen Stator und Rotor gewählte Schnittlinie bestimmt die Luftspaltgeometrie und den Krafteinleitungsbereich. Es ist ersichtlich, daß gegenüber Fig. 1a größere Anschlußflächen an die Läufer-scheibe RS gewählt wurden. Im Falle von Fig. 1c liegt ein radialer Luftspaltraum vor, der zu einer Vergrößerung des kraftwirksamen Durchmessers führt.

Für die Erzeugung des Erregerflusses im Luftspalt ist neben der Schichtdicke der P-Magnete auch die gegenüber den Weicheisenelementen bestehende Größe der Überdeckungsfläche maßgeblich. Im begrenzten Rahmen sind beide Größen gegeneinander austauschbar. Um auf die Möglichkeit der Anwendung von Ringkernelementen hinzuweisen, wurde in den Fig. 1b und 1c für die Statorelemente die dafür typische gerundete Form eingezeichnet. Durch die Anwendung von prismatisch geformten Weicheisenelementen, die z. B. aus geschichteten Blechstreifen herstellbar sind, ergibt sich ein einfacher Rotoraufbau. Durch kleine Verbreiterungen am Innenbereich lassen sich die auf die Pakete wirkenden Fliehkräfte in die benachbarten Ringe übertragen. Für die zu wählende radiale Läuferhöhe ist die zur Kraftbildung optimale Einflußnahme auf das magnetische Feld bestimmend. Mit einer radialen Abmessung im Größenbereich zwischen der einfachen und

doppelten Polteilung kann dieses Ziel erreicht werden.

Fig. 2 zeigt die dem Einfach-C entsprechende Magnetkreisvariante mit zwei zylindrischen Spalträumen je Wicklungsstrang. Während die Statorelemente me und mp wieder in ebener Ausführung und radialer Anordnung vorliegen, ist der Rotor nach Fig. 2' so gestaltet, daß er mit ebenen Weicheisenelementen und jeweils zweiseitiger Schrägstellung um eine Polteilung aufgebaut ist. Die Rotor-Weicheisenelemente sind damit wiederum aus gleichartigen Teilen herstellbar. Eine zu Fig. 2' alternative Formgebung für den Rotor ergibt sich aus Fig. 2'', die ersichtlich denselben Zweck erfüllt. Die in der Bildebene geschichteten Lamellen sind durch Stanzvorgänge einfach herstellbar. Das nichtmagnetische und elektrisch nicht leitfähige Füllmaterial g kann so mit den Ringen ri und ri' verbunden sein, daß von diesen die Fliehkraftbeanspruchungen des Weicheisenmaterials aufgenommen werden kann.

Nach Fig. 3 läßt sich das Verfahren auch auf E-förmig gestaltete Magnetkreise anwenden, wenn dort vier Spalte in zylindrischer Anordnung vorliegen. Hierbei weist das Mittelteil des Magnetkreises mi mit seinen Elementen mp' gegenüber dem übrigen Magnetkreis m eine gegenüber dessen Permanentmagneten mp inverse Polarität auf. Das mittlere Magnetisierungsteil steht mit dem übrigen Magnetkreis nicht in magnetisch leitfähiger Verbindung. Die beiden Rotorteile Ra und Ri zeigen einen Versatz der prismatischen Weicheisenteile Rea und Rei von einer Polteilung. Es ist erkennbar, daß sowohl Stator- als auch Rotorelemente in sehr einfacher geometrischer Form ausgeführt sind.

Eine besonders hohe Materialausnutzung wird durch eine weitere Steigerung der Zahl der aktiven Spalte je Magnetkreis ähnlich zum Patent DE 43 00 440 C2 erzielt (Fig. 4). Auch für diese Anordnung mit Kreuzsymmetrie läßt sich das Prinzip des passiven Rotors mit vollaktiv wirkenden Spalten anwenden. Nach Fig. 4 ist erkennbar, daß die Weicheisenelemente R1 bis R4 des Rotors radial stehend angeordnet, prismatisch ausgeführt sind und wie bei dem vorausgehenden Beispiel im Abstand der doppelten Polteilung stehen. Die beiden Teilrotoren RS' und RS'' arbeiten auf eine gemeinsame Welle We , die Wicklungen Wi' und Wi'' bilden gemeinsam mit den Magnetisierungseinheiten m' bis m'''' einen Statorstrang. Dem Feldverlauf entsprechend sind die Weicheisenteile mit hoher magnetischer Leitfähigkeit in der in Fig. 4 angegebenen Lamellierungsrichtung ausgestattet.

Patentansprüche

1. Transversalfußmaschine, bestehend aus einem Stator und einem Läufer, wobei der Stator
 - eine Wicklung (W1) und
 - Statorelemente (m ; m' , m'' , m''' , m'''') aufweist, die unter Bildung einer Polteilung wechselweise aus quer zur Bewegungsrichtung des Läufers angeordneten Weicheisenelementen (me) und Permanentmagneten (mp), die in Bewegungsrichtung gleiche Form wie die Weicheisenelemente (me) aufweisen, bestehen und mit einem nichtmagnetischen Gehäuse verbunden sind, und wobei der Läufer als magnetisch leitfähige Teile Weicheisenelemente (R; R1, R2, R3, R4; Ra, Ri) aufweist, die im Abstand von jeweils zwei Polteilungen auf einem Läuferkörper (RS) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Weicheisenelemente (R; R1, R2, R3, R4; Ra, Ri) des Läufers im wesentlichen

prismatische Form aufweisen, ihre radiale Höhe mindestens dem 1,5-fachen Betrag der Polteilung entspricht und sie über nichtmagnetische, elektrisch nicht leitende Maschinenelemente (n) mit dem Läuferkörper (RS) verbunden sind.

5

2. Transversalflußmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorelemente (m' , m'') quer zur Bewegungsrichtung eine C-förmige Form aufweisen und beiderseits der Weicheisenelemente ($R1$, $R2$) des Läufers angeordnet sind, wobei die Weicheisenelemente ($R1$, $R2$) des Läufers in zwei Reihen im Abstand der Breite der Wicklung (W_i ; W_i' , W_i'') so angeordnet sind, daß die Reihen um eine Polteilung versetzt sind.

10

3. Transversalflußmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorelemente (m') quer zur Bewegungsrichtung eine C-förmige Form aufweisen und die Weicheisenelemente ($R1$, $R2$) des Läufers im Abstand der doppelten Polteilung angeordnet sind, in Bewegungsrichtung die halbe Breite der Weicheisenelemente (m_e) des Stators aufweisen und jeweils um eine Polteilung geschrägt sind.

15

20

4. Transversalflußmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorelemente (m') quer zur Bewegungsrichtung eine C-förmige Form aufweisen und der Läufer aus ebenen Weicheisenslamellen ($R12$) besteht und am äußeren und inneren Rand Polansätze aufweist, die gegeneinander um eine Polteilung versetzt sind und deren Breite in Bewegungsrichtung der der Weicheisenelemente (m_e) des Stators entspricht.

25

30

5. Transversalflußmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorelemente (m) quer zur Bewegungsrichtung eine E-förmige Form aufweisen und die im Mittelteil (m_i) des Stators angeordneten Permanentmagnete (mp') in gleicher Ebene gegenüber den äußeren Permanentmagneten (mp) entgegengesetzte Polarität aufweisen, und die Weicheisenelemente (R_a , R_i) des in einen äußeren und einen inneren Teil aufgeteilten Läufers gegeneinander um eine Polteilung versetzt quer zur Bewegungsrichtung stehen.

35

40

6. Transversalflußmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorelemente (m' , m'' , m''' , m'''') quer zur Bewegungsrichtung in Form eines Rechteckes angeordnet sind, dessen Ecken durch die radial stehenden, ebenen Weicheisenelemente ($R1$, $R4$; $R2$, $R3$) des quer zur Bewegungsrichtung in zwei Gruppen aufgeteilten Läufers gebildet werden, wobei die Weicheisenelemente ($R1$, $R4$; $R2$, $R3$) der beiden Gruppen gegeneinander versetzt angeordnet sind.

45

50

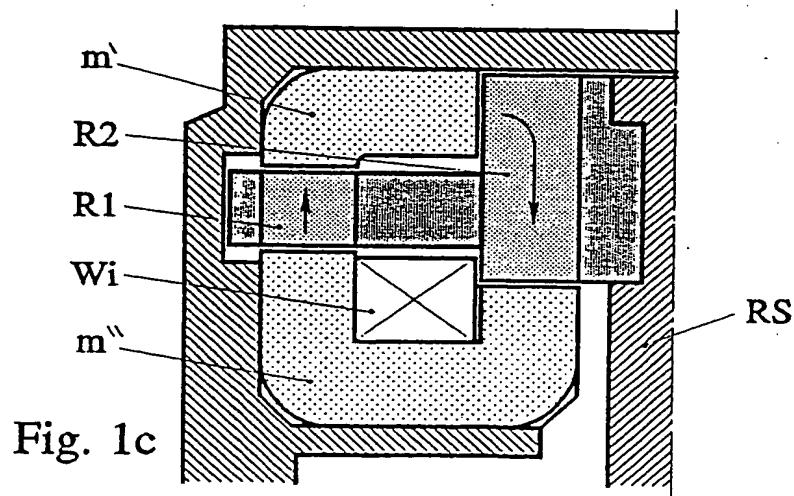
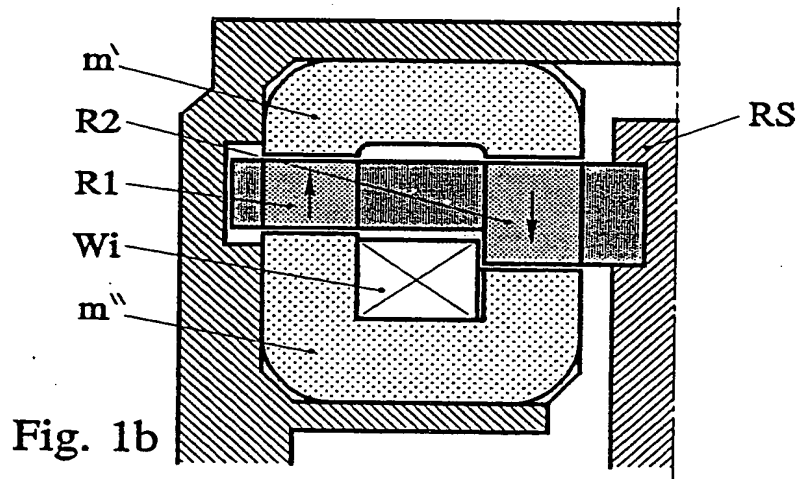
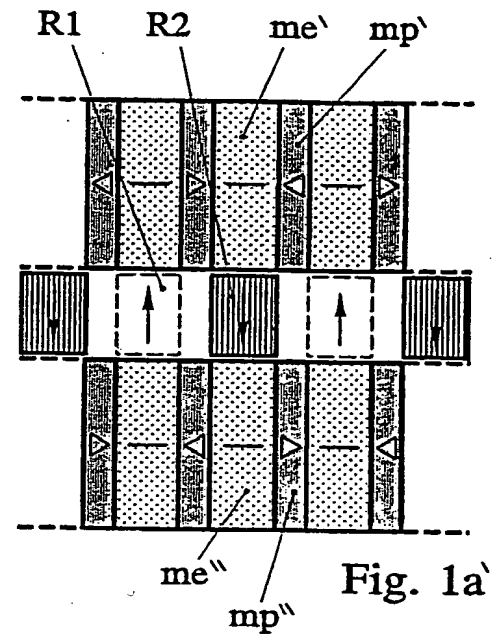
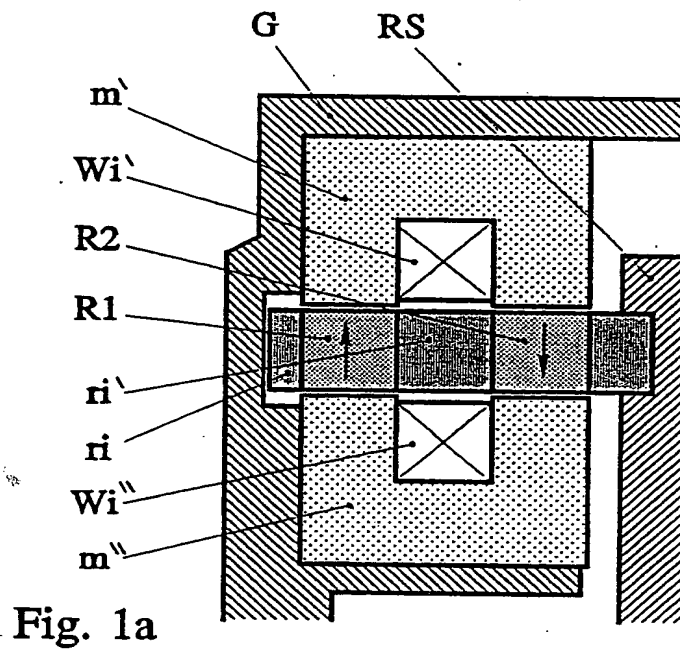
7. Transversalflußmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Transversalflußmaschine als elektrischer Linear-motor ausgebildet ist.

55

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

60

65



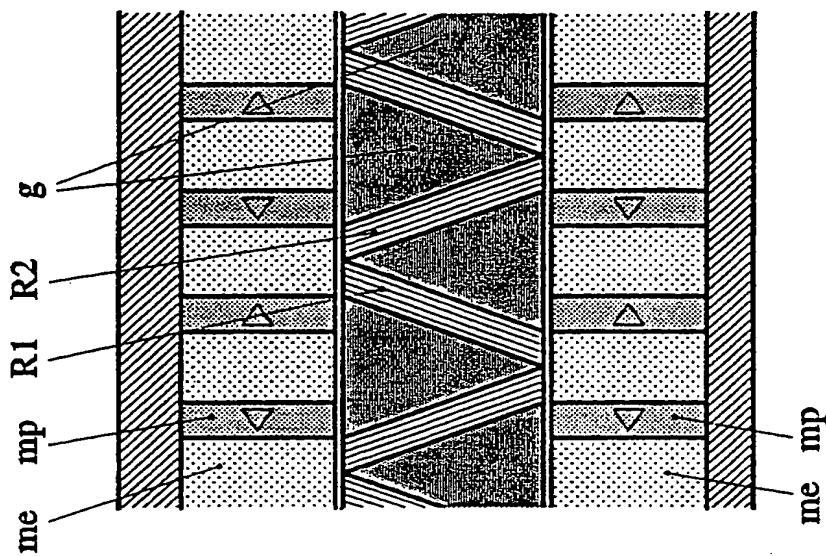


Fig. 2'

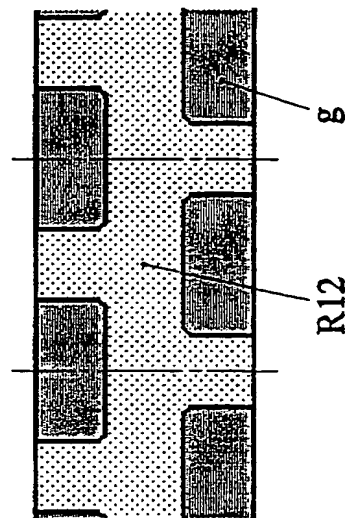


Fig. 2''

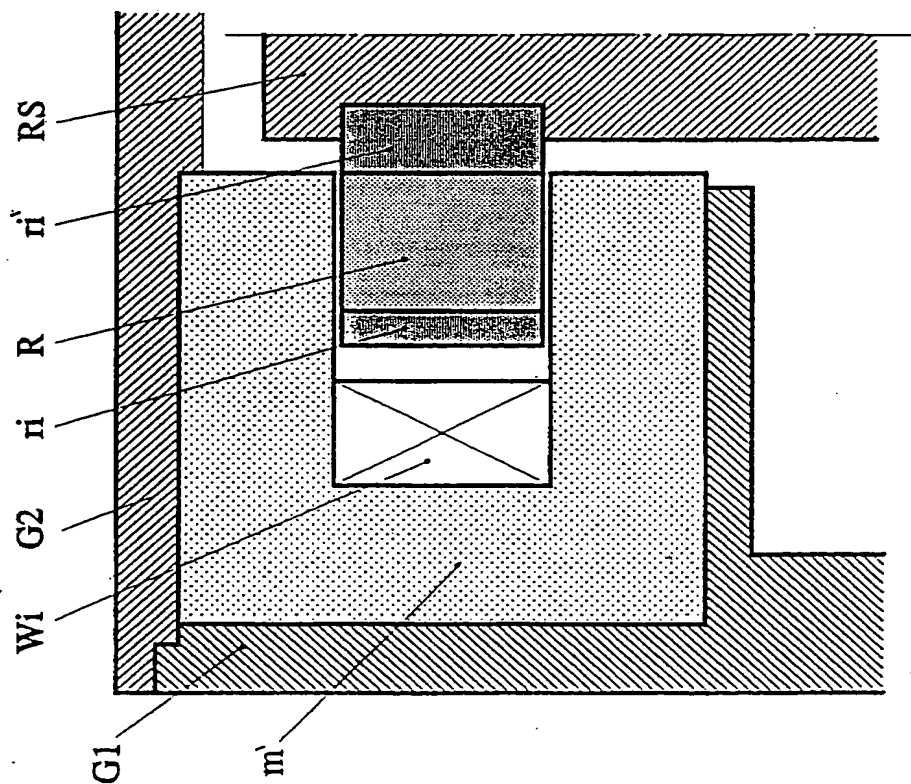


Fig. 2

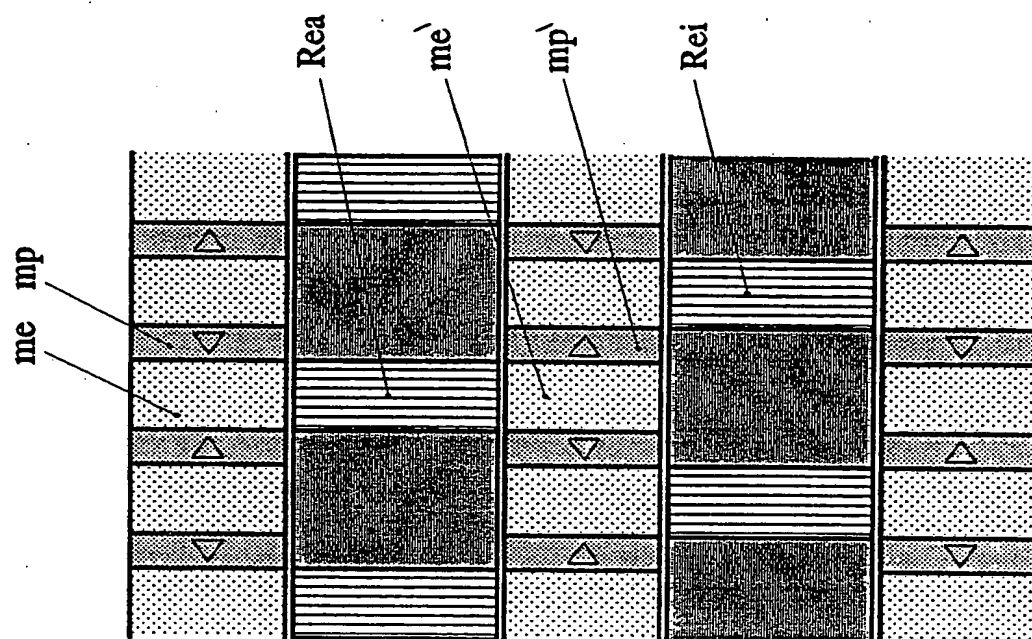


Fig. 3'

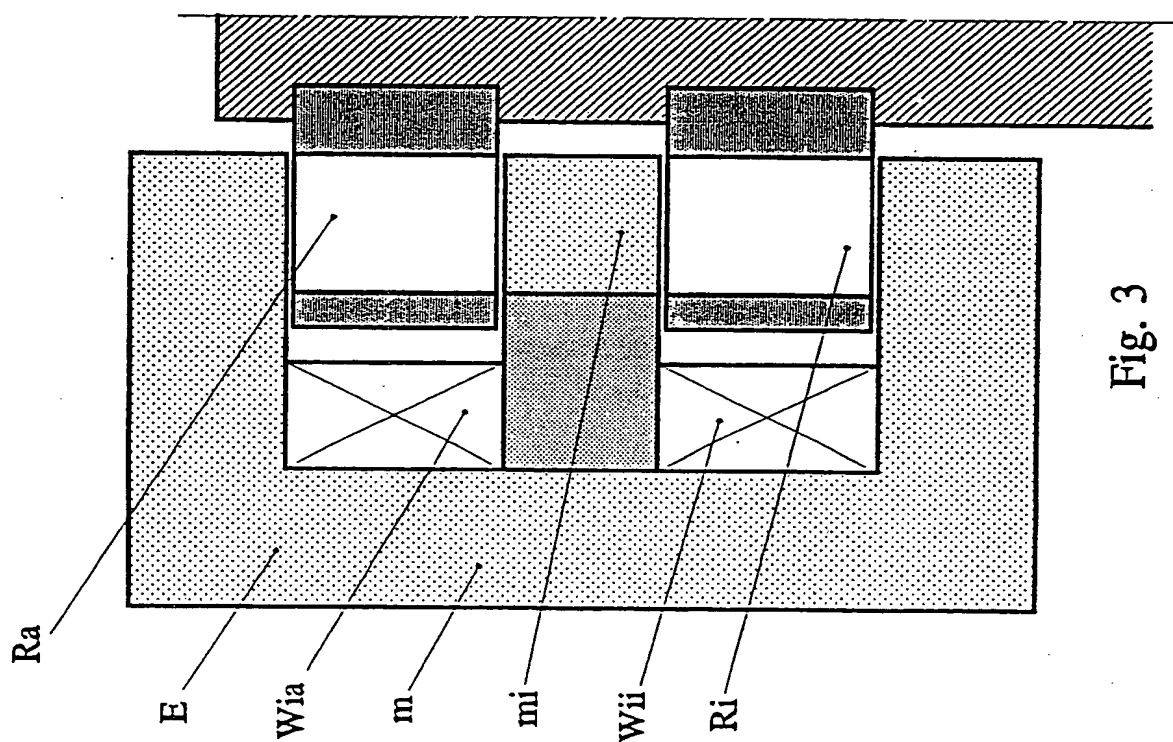


Fig. 3

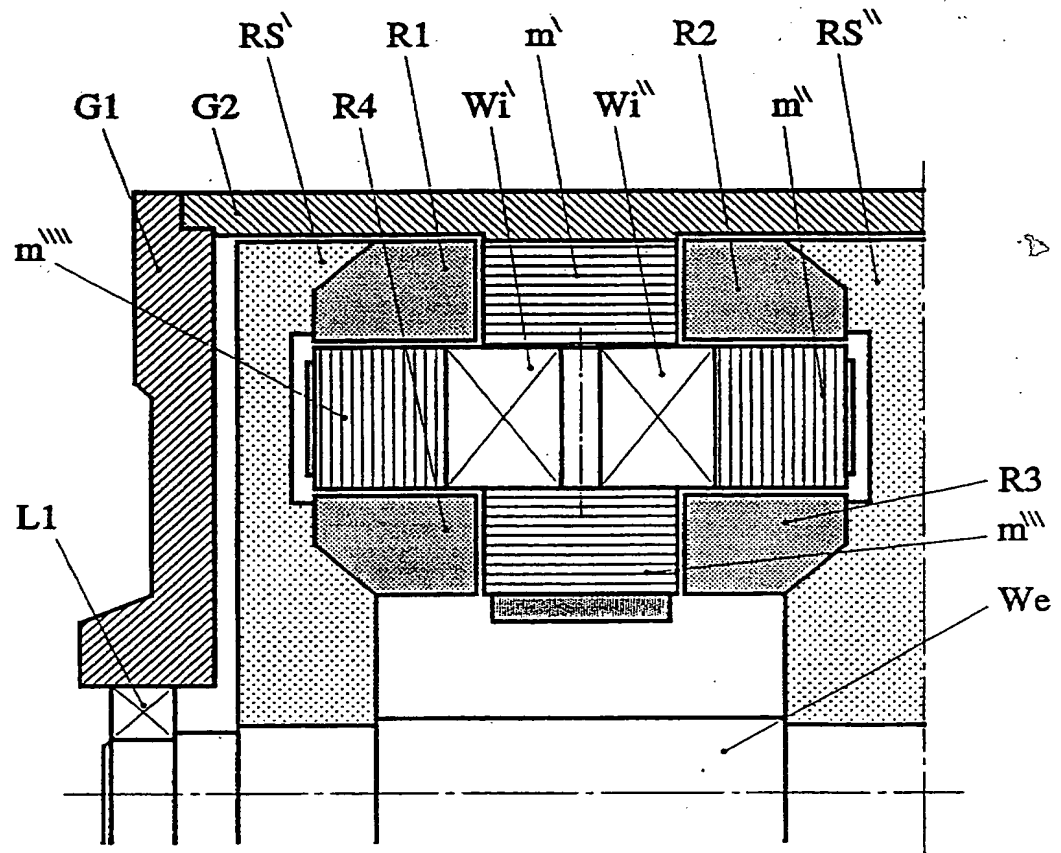


Fig. 4